

SEMICONDUCTOR DEVICE

Publication number: JP2000162656

Publication date: 2000-06-16

Inventor: ARNONE DONALD DOMINIC; SHIELDS ANDREW
 JAMES; CIESLA CRAIG MICHAEL; HOGG RICHARD
 ANDREW; WHITTAKER DAVID MARK; DAVIES
 ALEXANDER GILES; LINFIELD EDMUND H

Also published as:

 GB2347756 (A)
 GB2343964 (A)

Applicant: TOSHIBA RES EUROP LTD

Classification:

- International: G01N21/35; G02F1/35; G02F1/377; G02F1/39;
H01S3/108; G01N21/31; G02F1/35; H01S3/108; (IPC1-7); G02F1/377; G02F1/39

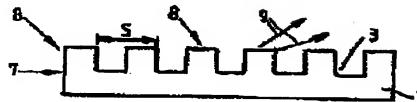
- European: G01N21/35F; G02F1/35W9; G02F1/377Q; H01S3/108

Application number: JP19990314136 19991104

Priority number(s): GB19980024058 19981103

[Report a data error here](#)**Abstract of JP2000162656**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical device with which exit radiant light beams with a desirable frequency can be efficiently obtained. **SOLUTION:** This optical device is provided with an optical modulation region. The optical modulation region is provided with a phase-matching means 1 for the purpose of reinforcing phase-matching between such signals of two different frequencies, that propagate in the optical modulation region in response to irradiation by at least one incident radiant light beams 7, 8. The phase-matching means 1 is provided along the passage of the incident radiant beam 7, 8 with a spatial change 5 in the refractive index.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-162656

(P2000-162656A)

(43) 公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51) Int.Cl.
G 02 F 1/377
1/39

識別記号

F I
G 02 F 1/377
1/39

マーク (参考)

(21) 出願番号 特願平11-314136

(22) 优先日 平成11年11月4日(1999.11.4)

(31) 優先権主張番号 9824058.3

(32) 優先日 平成10年11月3日(1998.11.3)

(33) 優先権主張国 イギリス(G B)

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全15頁)

(71) 出願人 599153039

トーシバ・リサーチ・ヨーロップ・リミテッド
Toshiba Research Europe Limited
イギリス国、シービー-4 0ダブルユイ
一、ケンブリッジ、ミルトン・ロード、ケ
ンブリッジ・サイエンス・パーク 280、
ケンブリッジ・リサーチ・ラボラトリ

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武謙 (外4名)

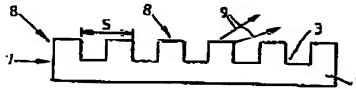
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体デバイス

(57) 【要約】

【課題】 望ましい周波数の出射放射光線が効率的に得られる光学デバイスを提供する。

【解決手段】 光学デバイスは、光学変調領域を有する。光学変調領域は、少なくとも1つの入射放射光線ビーム7、8による照射に応答して光学変調領域内を伝播する、2つの異なる周波数の信号の間の位相整合を増強するための位相整合手段1を有する。位相整合手段1は、入射放射光線ビーム7、8の通路に沿ってその屈折率において空間的变化を有する。



(2) 000-162656 (P2000-162656A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】光学変調領域を具備し、前記光学変調領域は、少なくとも1つの入射放射光線ビームによる照射に応答して前記光学変調領域内を伝播する、少なくとも2つの異なる周波数の信号の間の位相整合を増強するための位相整合手段を具備し、前記位相整合手段は、前記入射放射光線ビームのある方向成分に沿ってその屈折率において空間的变化を有し、少なくとも2つの異なる周波数の信号が同位相を維持する前記変調領域内の距離を最大とするように構成される、ことを特徴とする光学デバイス。

【請求項2】前記変調領域は、前記少なくとも1つの入力ビームによる照射に応答する周波数を持つ放射光線ビームを出射するための周波数変換手段を更に具備し、前記出射ビームは前記者しくは別の入射ビームと異なる周波数を有することと、前記位相整合手段は、前記若しくは別の入射ビーム及び前記出射ビームにより発生される偏光間の位相整合を増強することと、を特徴とする請求項1に記載の光学デバイス。

【請求項3】前記光学変調領域は、2つの入射ビーム間の周波数の差に実質的に等しい周波数のビームを出射するよう構成されることを特徴とする請求項2に記載の光学デバイス。

【請求項4】前記デバイスは10.0GHz～20.0GHzの範囲の放射光線を出射するよう構成されることを特徴とする請求項2または3に記載の光学デバイス。

【請求項5】前記光学変調領域は、2つの入射ビームの周波数の和に実質的に等しい周波数のビームを出射するよう構成されることを特徴とする請求項2に記載の光学デバイス。

【請求項6】前記光学変調領域は、単一の入射ビームの周波数と異なる周波数のビームを出射するよう構成されることを特徴とする請求項2に記載の光学デバイス。

【請求項7】前記光学変調領域は、単一の入射ビームの周波数の整倍数に実質的に等しい周波数のビームを山附するよう構成されることを特徴とする請求項2に記載の光学デバイス。

【請求項8】前記変調領域は、第2入力ビームの照射に応答して第1入力ビームの偏光ベクトルを回転させ、回転された偏光ベクトルのビームを出射するよう構成されることを特徴とする請求項1に記載の光学デバイス。

【請求項9】前記位相整合手段の屈折率の変化は、前記若しくは他の入射ビームの成分と概ね平行であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項10】前記屈折率の変化は実質的に周期的であることを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項11】前記屈折率の周期的变化のピッチは1.00nm～1.0μmの範囲であることを特徴とする請求項

10に記載の光学デバイス。

【請求項12】前記光学変調領域は半導体を具備することと特徴とする請求項1乃至11のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項13】前記光学変調領域は結晶を具備することと特徴とする請求項1乃至12のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項14】前記光学変調領域は、Li₂O₃、NH₄、H₂PO₄、ADP、KH₂PO₄、K₂H₂ASO₄、石英、AlPO₄、ZnO、CdS、GaP、GaN、BaTiO₃、LiTaO₃、LiNbO₃、Te、Se、ZnTe、ZnSe、Ba₂NaNb₅O₁₅、AgAs₂S₃、淡紅銀銅、CdSe、CdGeAs₂、AgGaSe₂、Ag₂SbS₃、ZnS、DAST(4-N-メチルスチルバゾリウム)、及びS₁から選択された1つ若しくは複数を具備することと特徴とする請求項1乃至13のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項15】前記光学変調領域は導波路構造内に配設されることと特徴とする請求項1乃至14のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項16】前記光学変調領域は第1クラッド層及びコア層を具備することと特徴とする請求項1乃至15のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項17】前記光学変調領域は第2クラッド層を更に具備し、前記コア層は前記第1及び第2クラッド層間に挿まれることと特徴とする請求項16に記載の光学デバイス。

【請求項18】前記変調領域はビームの通路に形成された1つ若しくは複数の穴を有することと特徴とする請求項1乃至17のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項19】前記光学変調領域はクラッド層及びコア層を具備し、前記穴は前記クラッド層に形成されないことを特徴とする請求項18に記載の光学デバイス。

【請求項20】前記光学変調領域はクラッド層及びコア層を具備し、前記穴は前記クラッド層に形成されることと特徴とする請求項18に記載の光学デバイス。

【請求項21】前記入射放射光線のための光線源を更に具備することと特徴とする請求項1乃至20のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項22】前記光線源はダイオードレーザであることを特徴とする請求項21に記載の光学デバイス。

【請求項23】前記光線源として2つのダイオードレーザが配置されることと特徴とする請求項21に記載の光学デバイス。

【請求項24】前記光線源はレーザーであることを特徴とする請求項21に記載の光学デバイス。

【請求項25】前記光学変調領域はミラー共振器内に配設されることと特徴とする請求項1乃至24のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項26】前記少なくとも1つの入射放射光線ビー

(3) 000-162656 (P2000-162656A)

ムはレーザ共振器内で生成され、前記光学変調領域は前記共振器内に配設されることを特徴とする請求項1乃至25のいずれかに記載の光学デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光学デバイスの分野に関する。より具体的には、本発明は所与の周波数の若しくは周波数バンド内の放射ビームを発生させるために使用される光学デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】幾つかの商業的に重要な波長バンドにおける

$$P = x_1 E + x_2 E^2 + x_3 E^3 + \dots$$

通常、高次の項は無視できるほど小さいと仮定され、 $P \propto E$ という関係が使用される。この近似は大きなEには適用されない。非線形光学はこれらの高次の項に関係する。

【0004】もし、材料が2つの異なる周波数で吸収されると、入力周波数の和(和周波発生として知られる)、入力周波数の差(差周波発生として知られる)である周波数を材料が吸収することを第2次項が可能とする。第2次感受性はまた、材料が单一入力周波数で照射された時、異なる光学周波数の発生をもたらす。例えば、第2高調波発生が自己発生からもたらされる。光学パラメトリック変換において、2つの周波数が入力周波数から発生される。

【0005】更に、第3次項 $x_3 E^3$ もまた、第3高調波周波数及び他の第3次項を生成するように励起可能となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このような構造において生じることの問題は、望ましい周波数の出射放射光線を効率的に得るため、入射放射光線により誘発される偏光の位相が、望ましい出射放射光線の位相とできるだけ近くように整合する必要があることである。

【0007】この位相整合問題にまた、第2周波数のビームによって起こる第1周波数の多振波ビームの変化が第2周波数のビームの測定に使用される、特定な型式の検出器においても生じる。

【0008】ある材料は、複屈折性による位相整合を先天的にある程度有し、従って、同材料の少なくもある長さに亘って位相整合が達成可能となる。しかし、位相整合をある程度可能とし、従って、材料を周波数コンバータとして完全に実現可能にする複屈折若しくは他の特性を有し且つ大きな光学非線形性を伴う材料は存在しない。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上述の問題に対処し、以下の構成を有する光学デバイスを提供する。即ち、本発明に係る光学デバイスは光学変調領域を具備し、前記光学変調領域は、少なくとも1つの入射放射光

いて電磁放射光線を生成する上で困難さが生じる。例えば、それ等の範囲は、テラヘルツ (THz) 周波数範囲 ($1000\text{GHz} \sim 20\text{THz}$)、近及び中赤外 (波長= $1000\text{~}5000\text{nm}$) 及び青/紫外 (波長= $400\text{~}450\text{nm}$) である。

【0003】このような周波数を生成する可能な方法は、非線形光学効果を使用することである。入射放射光線により誘発される材料内の偏光Pは、材料を駆動する電界Eに関連して、べき級数として次のように実現可能となる。

(1)

様ビームによる照射に応答して前記光学変調領域内を伝播する、少なくとも2つの異なる周波数の信号の間の位相整合を増強するための位相整合手段を具備し、前記位相整合手段は、前記入射放射光線ビームのある方向成分に沿ってその屈折率において空間的変化を有し、少なくとも2つの異なる周波数の信号が同位相を維持する前記変換領域内の距離を最大とするように構成される。

【0010】上述の構成により明確にすると、前記入射放射光線ビームのある成分はビームの方向成分である。

【0011】もし、本発明が周波数変換のために使用されると、前記光学変調領域は、望ましくは、前記少なくとも1つの入射放射光線ビームによる照射に応答して出射放射光線周波数のビームを照射するための周波数変換手段を具備し、前記位相整合手段は、前記若しくは別の入射ビーム及び前記出射ビームにより発生される偏光間の位相整合を増強する。前記出射ビームは前記入射ビームと異なる周波数を有する。

【0012】前記入力放射光線の周波数を交換するため、多くの可能な機構が存在する。

【0013】新たな周波数が、いわゆる和若しくは差周波発生により、2つ以上の周波数の入射放射光線から発生されることが可能となる。

【0014】前記光学デバイスは、2つの周波数成分を有する放射光線で照射されるか、或いは異なる周波数の2つの放射光線ビームにより照射される。

【0015】パルスレーザーにより得られるより高い電界は、非線形性を起こしやすく、偏光の頂の(漸進的に小さくなる)非線形性にアクセスすることを可能とする。【0016】单一のパルスレーザーで異なる2つの入射周波数を発生させることができ望ましい。また、パルスレーザーにより生成される放射光線リリースは、広範間に亘る和若しくは差周波発生にとって理想的である。多數の異なる周波数を本質的に含む。

【0017】しかし、本発明により達成可能な位相整合の増強により、相対的に低い電界も使用可能で、従つて、2つの周波数は、異なる周波数で駆動される2つのCWレーザーにより提供可能となる。これ等は、パルスシステムのような高い電界を提供しない連続的なビームを

(4) 000-162656 (P2000-162656A)

提供するが、非線形効果を依然CWレーザーにより起こすことが可能である。CWレーザーはまた、パルスレーザーに比べて、現在のところ、より遅延し且つ商業的に入手可能なという利点を有する。

【0018】入射放射光線は、材料の第2次回帰性を介して、時間依存性の偏光を発生させる。この機構の単純化された見方は、スプリング上にある材料内の電子を想像することである。入射放射光線は、入射周波数、それ等の和及び差に対応する周波数で電子を振動させる。

【0019】どの周波数が放出されるかは、基本周波数における材料の非線形係数と、和・差周波数における発生／変換放射光線と非線形偏光との間の位相整合と、に依存する。

【0020】和周波発生において、位相整合条件は次式で与えられる。

$$\Delta k = k(\omega_1) + k(\omega_2) - k(\omega_3) = 0$$

ここで、 $\omega_1 + \omega_2 = \omega_3$ であり、また $k(\omega)$ は周波数 ω における材料内の光の k (波数) ベクトルである。

【0021】差周波発生において、位相整合条件は次式で与えられる。

$$\Delta k = k(\omega_1) - k(\omega_2) - k(\omega_3) = 0$$

ここで、 $\omega_1 - \omega_2 = \omega_3$ である。

【0023】N次高調波発生において、位相整合条件は次式で与えられる。

$$\Delta k = Nk(\omega_1) - k(\omega_2) = 0$$

ここで、 $N\omega_1 = \omega_2$ である。

【0024】光学パラメトリック発生において、位相整合条件は次式で与えられる。

$$\Delta k = k(\omega_1) - k(\omega_2) - k(\omega_3) = 0$$

ここで、 $\omega_1 = \omega_2 + \omega_3$ である。

【0025】発生された電界が駆動電界に対して位相外となる距離として考えることができるコヒーレンス長は次式のように定義される。

$$1c = 2/\Delta k$$

材料の屈折率 $n = k/c$ によって定義され、ここで、 c は真空中における光の速度である。多くの非線形材料の屈折率は周波数 ω と共に変化するため、コヒーレンス長は典型的にはほんの数ミクロンである。本発明は、位相整合条件 $\Delta k = 0$ を満足するため、分散即ちに伴う n の変化を実質とする。

【0026】差周波発生の技術を使用し、周波数 ω_{THz} の THz 放射光線が、2つの可視放射光線周波数 ω_{opt} から発生される場合を考える。入射放射光線の周波数間の差から THz 放射光線を発生させるための位相整合は次式で与えられる。

$$\Delta k = k(\omega_{opt} + \omega_{THz}) - k(\omega_{opt}) - k(\omega_{THz}) = 0$$

光誘起非線形偏光と、発生 THz 電界とが同一位相内にある距離の単位であるコヒーレンス長 l_c は次式で定義

される。

$$[0027] l_c = \pi c / (\omega_{THz} | \kappa_{vis} - \kappa_{THz} |)$$

ここで、 κ_{vis} は可視周波数における材料の屈折率であり、 κ_{THz} は THz 周波数における材料の屈折率である。

【0028】従って、効率的な THz 発生のために必要な長いコヒーレンス長のためには、 $\kappa_{vis} - \kappa_{THz}$ は小さくなくてはならない。しかし、無機非線形光学材料は大きな屈折率のミスマッチを有し、従って、 l_c は数ミクロンよりも大きくなるであろう。

【0029】本発明は、異なる周波数における屈折率のこの変化を減少させることにより位相整合を強化する。

【0030】同様に、変調領域は、式(1)における第2次係数による2つの周波数の和がより効率的に出射されるよう構成可能となる。代わりに、第2高調波も選択可能である。

【0031】光学パラメトリック発生によっても移動可能である。この場合、光学デバイスは單一レーザーで駆動される。

【0032】材料の非線形特性により、異なる周波数の2つのビームが射出可能となるか、若しくは第2高調波が射出可能となる。

【0033】2つの異なる周波数は運動量及びエネルギー保存により入力周波数と関係する。

【0034】上述のデバイスの入力光は1つ若しくは2つのダイオードレーザーからの放射光線により供給される。従って、レーザ及び光学デバイスは單一チップ上に一体化可能となる。また、パルスレーザーは周波数コンバータと共に单一チップ上に一体化可能となる。

【0035】上述の位相整合原理は検出器にも適用可能で、この場合、変調領域は、望ましくは、第2入力ビームの照射に応じて第1入力ビームの偏光ベクトルを回転させ、回転された偏光ベクトルのビームを射出するよう構成される。

【0036】第1入力ビームは参照ビームとして考えることができ、第2ビームは検出されたビームである。検出器に入る前、参照ビーム及び検出ビームの偏光は、これら等が互いに平行で且つ変調領域の通常光軸及び異常光軸の両者に沿った成分を有するように、回転される。

【0037】参照ビーム及び検出ビームは、望ましくは、光学変調器に入る前に直線偏光される。しかし、これらの方若しくは両者は円偏光も可能である。

【0038】変調領域は、検出されたビーム（もし存在すれば）が参照ビームの偏光をある角度回転させるよう構成される。もし検出ビームが存在しなければ、参照ビームは、これが光学変調領域を通過する間、幾分円偏光する可能性がある。この効果を補償するため、変調領域から射出されたビームは、望ましくは、光学修正回路に通される。

(5) 000-162656 (P2000-162656A)

【0039】望ましくは、光学修正回路は直線（若しくは格子）偏光ビームを円偏光ビームに変換する。

【0040】出射された直線（若しくは格子）偏光ビームは、望ましくは、 $1/4$ 波長板で円偏光ビームに変換される。望ましくは、この円偏光ビームは、次に、円偏光放射光線を2つの直線成分に分割する偏光分光器（例えばウォラストンプリズム）に導入される。もし検出ビームが存在しないと、これ等の直線成分は等しい。もし検出ビームが存在すると、これ等の直線成分は互いに等しくない。

【0041】望ましくは、プリズムからの2つの出力ビームは、平衡化分割フォトダイオードアセンブリに人射され、これには、2つのビーム間で大きさの相違がある場合、非ゼロ出力信号を生成する。

【0042】代わりに、参照ビームは検出器へ入る前に円偏光化が可能である。これは、参照ビームが検出器に到達する前の参照ビームの路路に、 $1/4$ 波長板を設置することにより達成可能となる。検出されたビーム（もし存在すれば）は、円偏光化された参照ビームを円偏光ビームに変える。円偏光ビームは次に、上述のウォラストンプリズム等により2つの成分に分離される。

【0043】本発明の光学デバイスは、従って、放射光線の発生及び放射光線の検出の両者に使用可能となる。従って、本発明を像形成のための光線源（ジェネレータ：周波数コンバータ型）として使用すると共に、本発明を画像情報を含む光を検出する検出器として使用することにより、撮像システムが提供される。上述のジェネレータ及び検出器のいずれかを、周波数交換検出器若しくはジェネレータと夫々結合すると、撮像システムが構成可能であることは自明である。

【0044】望ましくは、ビームはジェネレータのための入力と検出器のための参照ビームとを形成するために分割される。像形成用放射光線は、サンプルを撮像するためにジェネレータにより生成される。画像情報を拘束する放射光線は次に、参照ビームを使用する検出器により検出される。望ましくは、入力ビーム及び参照ビーム間の時間変化を提供する制御システムが配設される。

【0045】上述の機構のいずれかのための良好な非線形特性を有する可能な材料は、GaAs 若しくはSi系半導体である。より望ましくは、結晶構造が使用される。以下に、他の可能な材料の例を示す。

【0046】NH₃, H₂, PO₄, ADP, KH₂P_O₄, KH₂ASO₄, 石英, AlPO₄, ZnO, CdS, GaP, BaTiO₃, LiTaO₃, LiNbO₃, Te, Se, ZnTe, ZnSe, Ba₂N₂Nb₃O₁₀, Ag₃As₂, Ag₃Se₂, Ag₃S₂, ZnS, 及びDAST (4-N-メチルスチルバゾリウム) 等の有機結晶。

【0047】一般的に、非中心対称結晶が第2次効果の

ために使用される。第3次効果は、種々の結晶において様々な強度で見出される。

【0048】望ましくは、このような構造が、入力ビーム周波数の少なくとも1つが駆動される導波路内に配置される。この導波路は、單一クラッド層及びコア層か、2つのクラッド層間に挟まれたコア層のいずれでも実現可能となる。例えば、AlGaAsクラッド層間に挟まれたGaAs層が使用される。

【0049】理想的的には、材料はその屈折率に周期的変化を有する。屈折率は、望ましくは $1.0\text{nm}^{-1}\sim 1.0\mu\text{m}^{-1}$ 、より望ましくは $0.5\mu\text{m}^{-1}\sim 5\mu\text{m}^{-1}$ の間のピッチで変化する。

【0050】屈折率の変化は多くの方法により達成可能となる。単純な方法は、屈折率の局部的变化がビームの通路内で引起されるように、非線形光学材料内に単に複数の穴をエッチングすることである。

【0051】これら等の穴は、コア層内だけ、或いは両クラッド層の一方若しくは両方内及びコア層内、或いはコア層内はなしで、両クラッド層の一方若しくは両方に形成可能である。より複雑な構造では、異なる屈折率の2つの材料、例えば、GaAs及びAlGaAs、を使用することができる。第1屈折率の第1材料はその内部に形成された穴若しくはスロットを有し、第1材料と異なる屈折率を有する第2材料は第1材料の穴若しくはスロットを埋める。

【0052】屈折率の変化は、屈折率が変化若しくは変調される方向に沿った方向の波数成分のベクトル（運動量方向）の変化を引き起こす。

【0053】しかし、実際は、ビームの波数ベクトルが最大の効果を得るために屈折率が変化する方向と平行となるように、変調領域の入力表面に対してビームを直角に配向すべきである。或いは、ビームは入力表面に対しても角度で、例えば 45° 度で入射も可能である。この場合、入力ビームの波数ベクトルの方向成分は、屈折率の変化が生じる方向に対して平行な方向のみである。

【0054】このような構造は、再成長、イオンビームインプランテーション、イオンビームリソーフラフィ、及び銀塗りソーラーフィバーハーリング技術により達成可能となる。望ましくは、上記構造には異なる屈折率にスムーズな境界が配設される。

【0055】場合によっては、单数若しくは複数の入射ビームを供給するための光線源を光学変調領域と一体化することが望ましい。この光線源は、和及び差周波発生のための2つのCW光線源、若しくはパラレルレーザ光線源、若しくは單一CW光線源（パラメトリック発生若しくは第2高調波発生において）とすることができる。

【0056】光学変調領域は、鏡で構成された共振器内に配設可能となる。更に、少なくとも1つの入射放射光線ビームがレーザ共振器内で生成され、光学変調領域がこの共振器内に配設されるようにすることができる。

(6) 000-162656 (P2000-162656A)

る。

【0057】第2の視点において、本発明は以下の構成を有する放射光線源を提供する。即ち、本発明に係る放射光線源は、1つ若しくは複数の入力ビームによる照射に応答して放射光線ビームを出射するための周波数変換部材具備し、前記出射されたビームは前記1つ若しくは複数の入力ビームと異なる周波数を有し、前記1つ若しくは複数の入力ビームは全てレーザ共振器内で生成され、前記周波数変換部材は前記レーザ共振器内に配設される。

【0058】前記周波数変換部材は、光学変調領域を参照して前述された周波数変換手段を有する。望ましくは、前記周波数変換部材は、2つの入力ビーム間の周波数の差に実質的に等しい周波数のビームを出射するよう構成される。より望ましくは、前記周波数変換部材は、THz周波数範囲(即ち100GHz~20THz)の放射光線を出射するよう構成される。

【0059】前記レーザ共振器又はレーザーのレーザ共振器とすることができる。また、前記レーザ共振器は1つ若しくは複数のCWレーザ光線源のレーザ共振器、例えば固体ダイオードとすることができる。

【0060】

【発明の実施の形態】図1は本発明の位相整合から得られる4つの発生プロセスを概念的に示す図である。

【0061】図1(a)は初期波発生を示す。2つの人圧周波数 ω_1 、 ω_2 が合算されて周波数 ω_3 を発生せらるよう、 ω_1 、 ω_2 が大きな第2次受容性(χ_2)を有する材料に入射される。ここで、 $\omega_1 + \omega_2 = \omega_3$ である。

【0062】図1(b)は差周波発生を示す。ここで、入射周波数 ω_1 、 ω_2 が減算されて周波数 ω_4 を発生させる。ここで、 $\omega_1 - \omega_2 = \omega_4$ である。

【0063】図1(c)は第2高調波発生を示す。ここで、1つの入力周波数 ω_1 が存在し、発生された周波数は ω_1 の2倍である。即ち、 $\omega_1 + \omega_1 = \omega_5$ である。

【0064】図1(d)は光学パラメトリック発生を示す。ここで、單一入力周波数 ω_1 が2つの出力周波数 ω_2 、 ω_3 を発生させる。ここで、 $\omega_1 = \omega_2 + \omega_3$ である。

【0065】図2において、実験は、面内波数ベクトルの関数としてプロットされた、GaAsコア層及び $\text{Al}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{As}$ クラッド層を有する導波路構造における光子について計算された分散曲線(周波数の対波数k)である。格子の周期性は波数ゾーンの境界を作り出し、ここで分散曲線が折返される。これは、もし、出射放射光線(この場合THz)光線の傾斜と等しい傾斜を有する縦により、図上の対応する点が接続されるとすると、一对の光学モードのために位相整合条件が満足されることを可能とする。この構成は、モードのどの組合せが効動的に可能であるかを示す。出射THz放射光線の

強度は、初期及び最終状態間の移行マトリックスにより制御され、岡マトリックスは、一方、光バンドギャップにより導入される混合の程度に依存する。変調が強くなるほど、THz出射の効率が高くなる。

【0066】破線はTHz放射光線を励起するのに使用可能な他のモード示す。異なる光学モードが、面内波数ベクトルで整合するように、或いはへきかいエッジにおいて直接結合するように、異なる入射角で構造を照射することにより励起可能である。

【0067】以下において、本発明は可視光分散曲線を使用して記載するが、位相整合条件が満足されるように、ゾーンの境界でTHz分散曲線が折返される場合、逆もまた可能であることに留意すべきである。

【0068】図3は本発明の位相整合を達成する単純な構造を示す。GaAsウエハ1がエッチピット3を形成するようエッチングされる。エッチピットは非充填状態で残される。可視周波数及びTHz周波数の两者において、空気はGaAsよりも低い屈折率を有する。

【0069】構造のピッチは1.5μmで、ピットは深さ1μm、幅1μmとなるようエッチングされる。

【0070】放射光線はサイド7から入射される。これは、構造の正確な構成に依存して、THz若しくは青の放射光線9の出射を可能とする。放射光線はまた、構造に対して角度をもって入射(8)され、サンプルのエッジで若しくは頂面を通してのいずれかで反射することが可能となる。これはまた、図4乃至図11及び図4乃至図18示す構造にも適用される。屈折率の変化方向と平行な運動量波数ベクトルLcの方向成分がある時、位相整合が生じる。

【0071】レーザ放射光線源はT1: サファイアレーザで、これは、典型的には、パラス幅50 fm及び反復率2MHzで、900nm~350nmの範囲の波長を生成する。他のタイプのレーザも使用可能で、例えば、エルビウム添加ファイバーレーザのようなシラスレーザ、半導体ハリスレーザが使用可能となる。確かに異なる周波数で駆動される2つのCW半導体ダイオードレーザもまた使用可能である。

【0072】一般的には、第2次高周波数を励起するよう中心非対称であれば、いかなる結晶も使用可能である。例えば、次の材料が使用可能である。Li₂O₃、NH₄H₂PO₄、ADP、KH₂PO₄、KH₂ASO₄、石英、AlPO₄、ZnO、CdS、GaP、GaAs、BaTiO₃、LiTaO₃、LiNbO₃、Te、Se、ZnTe、ZnSe、Ba₂NaNb₅O₁₅、AgAsS₂、淡紅銀銻、CdSe、CdGeAs₂、AgGaSe₂、AgSbS₂、ZnS、及びDAST(4-N-メチルスチルバゾリウム)等の有機結晶。

【0073】図4はクラッド層が配設される点を除いて図3と類似する構造を示す。GaAs基板1の上面上

(7) 000-162656 (P2000-162656A)

に $A_{1.03}Ga_{0.67}As$ クラッド層 1 が形成される。クラッド層 1 上に 4.0nm の $GaAs$ 層 1.5 が形成される。次に、 $GaAs$ 層 1.5 がエッチングされ、 2.0nm の深さのエッチビット 1.7 が形成される。構造 1.9 のビッチはここでも $1.5\mu\text{m}$ である。入射放射光線 2.1 がクラッド層 1 により光学的に閉じ込められる。

【0074】図 5 は図 4 と類似する $GaAs$ 基板 1.3 及び $A_{1.03}Ga_{0.67}As$ クラッド層 1 1 を有する構造を示す。ここで、 $GaAs$ 層 2.3 が形成され、また、 $GaAs$ 層 2.3 の上面に $A_{1.03}Ga_{0.67}As$ クラッド層 2.5 が形成される。次に、 $GaAs$ 層 2.5 の一部がエッチングにより完全に除去され、 $AlGaAs$ の島の列が形成される。

【0075】 $GaAs$ コア層 2.3 に入射放射光線 2.7 が主に閉じ込められる。しかし、電界の小さなしかし重要な部分が、 $AlGaAs$ キャップクラッド層 2.5 内にも存在する。従って、 $AlGaAs$ キャップクラッド層 2.5 の屈折率の変化が、可視光子の運動量に影響し、従って位相整合度を増加する。

【0076】図 6において、 $GaAs$ 基板 3.3 の上面に $A_{1.03}Ga_{0.67}As$ 層 3.1 が形成される。層 3.1 の上面に $A_{1.01}Ga_{0.88}As$ クラッド層 3.5 が形成される。幅 $1\mu\text{m}$ のエッチビット 4.1 が、層 3.5 を貫通し且つ層 3.1 に部分的に侵入するように形成される。構造のビッチはここでも $1.5\mu\text{m}$ で、エッチビットの統計深さは $1.4\mu\text{m}$ である。上側層 3.5 の幅は $0.4\mu\text{m}$ である。

【0077】エッチビットは、ウェットエッチング、反応性イオンエッチング等により形成することができる。理想的には、エッチ孔は構造の平面に対して実質的に直角であり、これは、層、屈折率の大幅な差異を可能とし、従って、良く傾いた側壁の構造に比べて、より良好な位相整合特性を有する。

【0078】図 7 は 2 方向における屈折率の変化を伴う構造を示す。 $GaAs$ 基板 4.1 が速い層 4.3 によりエッチングされ、2 次元配列が形成される。穴の深さは $1\mu\text{m}$ で、幅は $1\mu\text{m}$ である。非充満穴は $GaAs$ 基板 4.1 よりも低い屈折率を有する。当然、この 2D 構造は図 4 乃至図 6 図示の導波路と共に使用することができる。

【0079】図 8 は屈折率の変化をもたらすように 2 つの材料を使用した構造の断面を示す。 $GaAs$ 基板 5.1 の上面に層 A 5.3 が形成される。層 A 5.3 の上面に層 B 5.5 が形成される。層 B 5.5 は、ウェットエッチング、反応性イオンビームエッチング等によりエッチングされ、深さ $0.4\mu\text{m}$ のエッチビット 5.9 が形成される。次に、層 C 5.7 がエッチングされた層 B 5.5 の上面に再成長される。層 C 5.7 は形成されながら穴 5.9 を消す。

【0080】多數の層組合せが層 A、B、C にとって可能となる。例えば、次のようなものである。

A: $AlAs$ AlSb GaSb Al,

Ga _{1-x} As				
B: GaAs	InAs	InAs	Al _x	
Ga _{1-x} As				
C: AlAs	AlSb	GaSb	Al _x	
Ga _{1-x} As				
A: InP	InP		Si (または SiGe)	
B: InGaAs	AlInAs	GaAs		
C: InP	InP	Si (または SiGe)		

典型的には x は、例えば、0.33 以下とすることができる。

【0081】図 9 はイオンビームインプランテーションにより作成可能な構造を示す。 $GaAs$ 基板 6.1 上に層 A 6.3 が形成される。層 A 6.3 上に層 B 6.5 が形成される。次に、層 B 6.5 の領域 6.9 にイオン（例えば Ga^+ イオン）が注入される。イオン注入は、バンドギャップに局部的に影響し、従って、屈折率の変化をもたらす。層 B 6.5 の上に層 C 7.1 が形成される。層 A、B、C に可能な層構成は図 8 に簡述して与えられている。

【0082】図 8 及び 9 図示の構造は、図 7 図示のタイプの 2D 突起構造へ応用することができる。

【0083】図 10 は基板 20.1 上に形成された集積デバイスを示す。半導体パレッシャー 20.5 である光線源が基板 20.1 の上面 20.3 上に形成される。レーザーは周波数成分 ω_1 及び ω_2 を有するパリスピームを出射する。このビームは周波数コンバータ 20.7 に入力される。周波数コンバータ 20.7 には、図 3 乃至図 9 図示のようないくつかの周波数変換及び位相整合手段が配設される。

【0084】周波数コンバータ 20.7 からの出射放射光線は、 ω_1 及び ω_2 の周波数で出射される。

【0085】図 11 は図 10 と類似する配置を示すが、ここで、入力周波数は 2 つの CW レーザー、即ちレーザ 2.0.9 (ω_1 の周波数で放射光線を出射する) 及びレーザ 2.11 (ω_2 の周波数で放射光線を出射する) により提供される。

【0086】2 つの周波数成分は、図 10 に関して述べたように ω_1 及び ω_2 の周波数で放射光線を出射するよう、周波数コンバータ 20.7 により組み合わされる。

【0087】図 12 は 2 つの入力周波数の位相整合を必要とする検出成分を使用する検出システムを示す。検出システムは AC ポッケルス効果を使用し、特に THz 放射光線の検出に有用となる。

【0088】参照ビームとして作用する可視光ビーム 2.2.1 が検出結晶 2.2.3 に入射する。参照ビーム 2.2.1 は直線偏光され、この偏光は検出結晶 2.2.3 の通常及び異常光軸の両者に沿った成分を有するように配向される。

これ等の軸は、通常及び異常光軸に沿って夫々別の屈折率 n_u 及び n_d を有する。第 2 放射光線ビーム 2.2.5 が

ない場合、直線偏光参照ビーム 2.2.1 は、その偏光に無

(8) 000-162656 (P2000-162656A)

視できる程度の変化を伴って検出結晶223を通して。ここで明確にしたい点は、偏光が回転される角度θが無視できる程度であることである。しかし、直線偏光ビームは確かに精円となることができる。この効果は光学回路227により補償される。

【0089】出射ビーム229は $1/4$ 波板223を使用して円偏光ビーム223に変換される。次に、ウォラストンプリズム235(若しくは直交偏光成分を分離する等価のデバイス)により、これが2直線偏光ビームに分成され、偏光ビームの2つの異なる直線成分が平衡化分割フォトダイオード237へ指向される。平衡化分割フォトダイオード237は2つのダイオード間の出力の差がゼロとなるように平衡化される。

【0090】しかし、検出器223が、参照ビームだけでなく、第2次ビーム225(この場合、THz範囲の周波数のビーム)も検出すると、偏光が回転される角度θは無視できない程度となる。これは、THz電界が、輪n₁、n₂の1つに沿って可視(基本)放電光線の屈折率を変更するからである。これは検出器223後の可視フィールドが精円となることをもたらし、従って、アリズム235により分離された偏光成分は等しくなくなる。出力ダイオード間の電圧の差は検出電圧を出力する。

【0091】参照ビーム221及びTHzビーム225は、結晶を通過する間に位相にあるべきである。そうでないと、偏光回転θが不明確となる。従って、検出結晶223は図3乃至図9を参照して述べたタイプの位相整合手段を有する。

【0092】図10及び図11の周波数変換システム及び図12の検出システムを使用した、THz適用における検出器システムが図13に示される。

【0093】入力ビームはパルスレーザ光源241により提供される。ビームは部分反射ミラー若しくはピームスプリッタ243により分割され、THz信号を発生させるための入力ビーム245及び検出用放電光線を検出するための参照ビーム247が提供される。入力ビーム245はシステム257により時間遅延される。

【0094】参照ビーム245は周波数変換ジェネレータ249若しくは光導電スイッチ等の他のジェネレーターへ入力される。ジェネレータ249は、ZnTe結晶、若しくは適当な非線形係数を有する他の材料(例えば、Li₂IO₃、NH₄H₂PO₄、ADP、KH₂P_O₄、KH₂ASO₄、石英、AlPO₄、ZnO、CdS、GaP、BaTiO₃、LiTaO₃、LiNbO₃、Te、Se、ZnTe、ZnSe、Ba₂N₂S₃、AgAs₂S₃、溴紅銀銻、CdSe、CdGeAs₂、AgGaSe₂、AgSb₂S₃、ZnS、及びDAST(4-N-メチルスルチルバシリウム)等の右側結晶)からなる。振盪されるサンプルはジェネレータ249上に載置されたX-Yステージ251上に載置さ

れる。振盪THzビーム253は参照ビーム247を伴って検出器結晶255上に反射される。

【0095】検出器結晶255からの出射ビームは光学回路259(これは図1の光学回路227と同一である)に供給される。光学回路259からの出力は信号処理ユニット261に供給される。信号処理ユニット261は、入力ビーム245と参照ビーム247との間の遮断及び振盪サンプル251に対するステージ253の動作を制御する制御手段258とリンクする。

【0096】図14は光学パラメトリック発生、第2高調波発生、または和周波発生のために使用される位相整合材料(位相整合合済)を概略的に示す。導波路クラッド領域103が基板ノバッファ層101上に形成される。導波路コア領域105が導波路クラッド領域103上に形成される。導波路コア領域105は導波路クラッド領域103よりも大きな有効屈折率を有するようにはざまれ、光学モードが導波路コア領域105に大幅に閉じ込められるようになる。導波路クラッド領域103及び導波路コア領域105は単一若しくは多箇の層からなることができる。

【0097】導波路コア領域105は導波路クラッド領域103よりも大きな屈折率を有する。例えば、導波路クラッド領域103はAl_xG_{1-x}As(x=0.3)からなり、導波路コア領域105はG_aAsからなることができる。導波路クラッド領域103は0.5~1.0 μmの厚さを有し、導波路コア領域105は0.2~0.8 μmの厚さを有することができる。他の例として、導波路クラッド層は1 μmのSiO₂からなり、導波路コアは0.1~0.4 μmのSiからなることができる。穴107が導波路コア領域105及び導波路クラッド領域103の両者に形成される。これ等の穴は、フォトリソグラフィ若しくは電子ビームリソグラフィと関連して、標準のドライイフ若しくはエントエッティングにより形成することができる。

【0098】この構造の上には、エッティング後、導波路コア領域よりも小さい屈折率を有する誘電体材料の他の層(図示せず)を任意に配置することができます。

【0099】もし図14が光学パラメトリック発生用に構成されると、この構造は入射周波数 ω_1 を照射され、 $\omega_1 = \omega_2 + \omega_3$ となるように、周波数 ω_2 及び ω_3 の発生が導かれる。穴は、この構造内に、分散を変更することにより位相整合条件 $\Delta k = k(\omega_1) - k(\omega_2) - k(\omega_3) = 0$ を満足するようにならなければならない。周波数 ω_1 の光は、導波路に沿って伝播するよう、導波路の側部の導波路領域上に集束させることができる。

【0100】位相整合条件はまた、効率的な第2高調波発生を生成するように変更することができる。この場合、単一周波数(ω_1)が構造に入射され、 $\omega_2 = 2\omega_1$ の発生が導かれる。もし位相整合条件 $\Delta k = 2k(\omega_1) - k(\omega_2) = 0$ が満足されると、これが効率的に

(9) 000-162656 (P2000-162656A)

達成される。

【0101】図15は図14と類似の構造を示し、ここで、上部クラッド領域109がコア領域上に配置される。これは単一若しくは多層の層からなることができる。上部クラッド領域109は下部クラッド領域105と同じ材料若しくは異なる材料からなることができる。いずれの場合も、これは導波路コア領域107よりも小さい屈折率を有するべきである。これにより、導波路のコア領域内での光学モードの閉じ込めを改良するという利点が得られる。図示の如く、穴は、上部クラッド領域109及びコア領域107を貫通し、下部クラッド領域105中へエッティングにより形成される。或いは、エッティングされた穴はコア領域107内若しくは上部クラッド領域109内で終端することができる。

【0102】非線形材料は、位相整合条件を達成するよう多くの方法で調整することができる。例えば、入射放射光線の角度若しくは波長が変更可能である。或いは、非線形媒体の温度が変更可能となる。

【0103】図16及び図17は入力放射光線源113と一体化された位相整合領域111を示す。入力放射光線源113は公知のCW固体レーザダイオードとすることができる。代わりに、入力放射光線源はモードロック固体レーザダイオードとすることができる。モードロック固体レーザにおいて、放射光線は短パルス中に集中され、従って、位相整合材料（位相整合済み）内でより効率的な非線形周波数変換を生成するという利点が得られる。

【0104】図16において、ダイオード113からの光が受動導波路領域117により導送整合材料111へ指向される。分布偏振型半導体レーザダイオードとすることができるダイオードレーザーと、位相整合材料とは、同じ導波路構造内に配置するが好都合である。ここで、構造は下部クラッド領域115上に形成される。レーザダイオード及び位相整合材料の活性領域は導波路領域のコア内に位置する。コア領域は上部クラッド領域119により覆われる。

【0105】図17は図16に類似するが、位相整合材料111とレーザダイオード113との間に導波路が存在しない。代わりに、リソグラフィ及びエッティングにより形成された2つの成分の間に空隙が存在する。レーザダイオードからの出力放射光線の位相整合材料への結合を最大化するため、これ等の分離は小さくすべきである。

【0106】図18は光学パラメトリック発振器の概略図を示し、ここで、光学パラメトリック発振のために位相整合された非線形材料（401）の両側に夫々ミラー（403、405）が配置される。ミラー（403、405）は周波数 ω で高い反射率を有するよう設計される。このデバイスにおいて、周波数 ω で光学フィールドの増強が存在する。ミラー（301、303）は他の光バンドギャップ材料を使用して作成することができる。

蝶形材料（401）の端部を誘電体薄膜コーティングにより被覆することにより作成することができる。代わりに、ミラー（403、405）は他の光バンドギャップ材料を使用して作成することができる。

【0107】位相整合材料（401）（位相整合済み）はまた、図19に概要を示すように、共振器内即ちレーザ（402）の共振器内に配設することができる。この場合、ポンプ周波数 ω_p で利得を生成する材料、及び非線形材料の両者は、レーザ共振器の高反射ミラー（403、405）の内側に配置される。共振器ミラー（403、405）は、ポンプ周波数 ω_p 及び信号周波数 ω_s の両者を高度に反射するように設計される。従って、これらは両周波数において強い発振フィールドを支持する。

【0108】図20は共振器内光学パラメトリック発振器の例を示し、ここで、光学パラメトリック発振のため位相整合（307）され非線形材料（305）の両側に夫々ミラー（301、303）は周波数 ω_s で高い反射率を有するよう設計される。このデバイスにおいて、周波数 ω_s で光学フィールドの増強が存在する。ミラー（301、303）は非線形材料（305）の端部を誘電体薄膜コーティングにより被覆することにより作成することができる。代わりに、ミラー（301、303）は他の光バンドギャップ材料を使用して作成することができる。

【0109】図20図示のデバイスにおいて、図15及び図17に概略的に示されるように、同じ基板上で、位相整合領域が半導体レーザダイオードと集積される。このような集積構造は、作成及び組立てコストを低下させると共に、構体形状がよりコンパクトとなる。

【0110】図21乃至図23は前述の光バンドギャップ構造のためのバンド構造の計算結果を示す。図21乃至図23図示のソリント構造をモデル化された計算結果は、空穴の格子を伴う半導体板を使用する新規な導波路のためのマックスウェルの方程式の正確な解答である。ここで、導波路の頂部及び底部に、このモデルを閉じ込める完全な反射ミラーが存在するものと仮定した。これは当然、導波路クラッド界面による閉じ込めがかなり弱い可能性もある、実際の導波路構造の正確なモデルではない。

【0111】この計算は、平面波基礎状態に代え、TE及びTM導波路モードが使用される点を除いて、Cassagne等による方法（Phys. Rev. B 53, 7134 (1996)）にかなり近く従う。z方向における厚さdの板のため、 $k = (k_x, -k_y)$ を面内方向 $r = (x, y)$ における波ベクトルとして採用し、 $q = \pi/d$ とすると、これ等のモードは次式で与えられる。

【0112】

【数1】

(00) 000-162656 (P2000-162656A)

$$H_E^G(r, z) = (q^2 + k^2)^{-\frac{1}{2}} (j \cos qz - j k \sin qz) \exp(ikr)$$

$$H_M^G(r, z) = (k \times \hat{k} \cos qz) \exp(ikr)$$

【0113】同じ結果が、波ベクトルに対する軸成分 η を伴う平面波を使用するだけで得られる。適切な導波路モードの利点は、計算されたバンドを特徴づけるのに役

$$H(r, z) = \sum_G h_E^G H_E^{K+G}(r, z) + h_M^G H_M^{K-G}(r, z)$$

波動方程式は次にマトリックス方程式に換算される。

$$\sum_G \eta(G - G') H_{E+M+G-G'}^{K+G} \begin{pmatrix} h_E^G \\ h_M^G \end{pmatrix} = \frac{w^2}{c^2} \begin{pmatrix} h_E^G \\ h_M^G \end{pmatrix}$$

ここで、

$$H_{E+M+G-G'}^{K+G} = \begin{pmatrix} \sqrt{q^2 + k_1^2} \sqrt{q^2 + k_2^2} \hat{k}_1 \cdot \hat{k}_2 & q \sqrt{q^2 + k_1^2} (\hat{k}_1 \times \hat{k}_2) \cdot \hat{z} \\ -q \sqrt{q^2 + k_2^2} (\hat{k}_1 \times \hat{k}_2) \cdot \hat{z} & \hat{k}_1 \cdot \hat{k}_2 + q^2 \hat{k}_1 \cdot \hat{k}_2 \end{pmatrix}$$

また、 $\eta(G)$ は、誘電率 $\epsilon(r)$ の逆数のフーリエ変換である。誘電率 ϵ_b の媒質内における内部誘電率 ϵ_a 且つ半径 a の円形穴の場合、次式で表される。

$$\eta(G) = \begin{cases} (1 - \beta) \epsilon_b^{-1} + \beta \epsilon_a^{-1} & (G = 0) \\ (\epsilon_a^{-1} - \epsilon_b^{-1}) 2 \beta J_1(Gp) / Gp & (G \neq 0) \end{cases}$$

ここで、 β は穴により占有された格子単位セルの総数で、 $J_1(x)$ はベッセル関数である。

【0116】マトリックス方程式の解答は、逆格子ベクトル G の有限な組合せからなる基礎内の標準数値対角行列により得られる。この解答は、ブリュアンゾーンにおける主要な方向に沿った一連の k において得られる。

【0117】図21は $G = a$ 内の穴の三角格子のためのバンド構造を示す。格子定数は 200 nm である。穴は半径 5.4 6 nm の円形の穴である。フィルタクタは 0.27 である。外部屈折率は 3.5 で、内部屈折率は 1.0 である。図21のパラレル計算結果は、特に、空導波路分散

$$E(k) \propto (q^2 + k^2)^{1/2}$$

が概ね放物線状であるところの、カットオフに近いと、導波路構造の理想モデルではなく、一方、パラレルの場合、これは直線的でカットオフが無い。

【0118】低エネルギーバンドの放物線形態は図22に

立つということである。

【0114】周期的なバターニングにより、ブリュアンゾーンにおける波ベクトルのためのフィールドが、逆格子ベクトル C により相連する波ベクトルを伴うこれ等のモードの直線的な組合せとして表現可能となる。

【0115】

【数2】

示され、これは、厚さ $d = 400 \text{ nm}$ の導波路の存在を除いて図21と同じである。1 eVより上の、測定が行われた領域における2つの計算結果の相違はかなり小さく、概ね同じエネルギーで現れるギャップを伴う。これは、格子定数が導波路幅よりも小さく、従って、測定領域における非折り曲げに値と比較して q はそれ程重要ではないからである。空導波路とパルク分散との間の相違はこのような大きな k において小さい。

【0119】もしバンドギャップが空導波路分散の放物線部分へ移動可能であると、バンドギャップへのより大きな効果が可能になると信じられている。これを達成するため、放物線状部分を興味深いエネルギーへ移動させるようにガイド層の厚さは減少させることが必要で、また、逆格子ベクトルを小さくするように格子定数は減少させることが必要である。

【0120】図23は、導波路厚さ $d = 130 \text{ nm}$ で、

(41) 100-162656 (P2000-162656A)

格子定数が1000nmの場合の典型的な結果を示す。図21及び図22と同様、フィルファクタは27%である。この構造では、約200meVの幅の完全なバンドギャップが存在する。

【0121】

【発明の効果】本発明によれば、望ましい周波数の出射放射光線が効率的に得られる光学デバイスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】和周波発生、差周波発生、第2高調波発生、及び光学バラメトリック発生を示す概略図。

【図2】本発明の実施の形態に係る構造における可視光子の分散モードを示す概略図。

【図3】本発明の実施の形態に係る構造を示す概略図。

【図4】図3図示の構造と類似し且つ複数のクラッド層を有する構造を示す図。

【図5】図3図示の構造と類似し且つ複数のクラッド層を有する構造を示す図。

【図6】2次元光学構造を示す図。

【図8】成長を用いて作成した本発明の実施の形態を示す図。

【図9】イオンビームインプランテーションを使用して作成した本発明の実施の形態を示す図。

【図10】単一レーザ光線源を有する本発明の実施の形態を示す図。

【図11】2つのレーザ光線源を有する本発明の実施の形態を示す図。

【図12】本発明の光学デバイスを使用した検出システムを示す図。

【図13】本発明の光学デバイスを使用した摄像システムを示す図。

【図14】光学バラメトリック発生、和発生、または高調波発生のために使用される本発明の実施の形態を示す図。

【図15】光学バラメトリック発生、和調波発生、または高調波発生のために使用される本発明の実施の形態を示す図。

【図16】光学変調領域と一体化されたレーザ光線源を有する本発明の実施の形態を示す図。

【図17】図16図示の構造と類似するが導波路構成が異なる構造を示す図。

【図18】共振器内に配設された光学バラメトリック発振器を示す概略図。

【図19】駆動レーザと同じ共振器内に配設された光学バラメトリック発振器を示す概略図。

【図20】共振器内光学バラメトリック発振器を示す図。

【図21】「パフレク」の場合のGaAs内の穴の三角格子のバンド構造の計算結果を示す図。

【図22】有限厚さの導波路が作成された場合のバンド構造の他の計算結果を示す図。

【図23】有限厚さの導波路の場合の更に他のバンド構造の計算結果を示す図。

【符号の説明】

1…GaAsウエハ

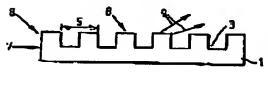
3…エッチピット

5…空間的変化構造

7、8…入射放射光線ビーム

9…出射放射光線

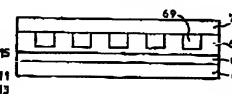
【図3】



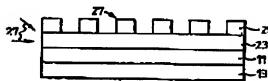
【図4】



【図9】



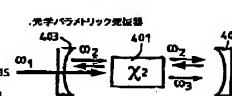
【図5】



【図6】

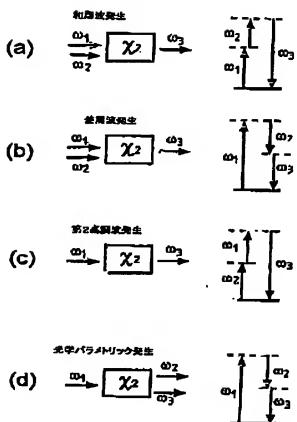


【図18】

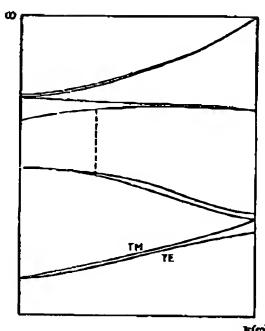


(R 2) 100-162656 (P 2000-162656A)

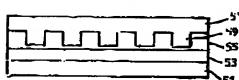
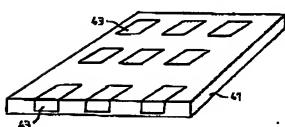
【図1】



【図2】

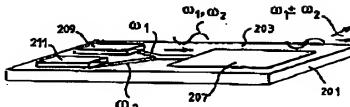
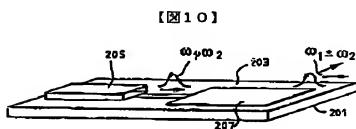


【図7】



【図8】

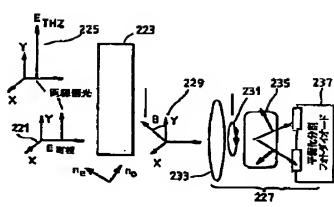
【図11】



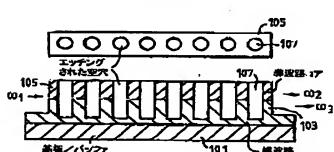
【図10】

(43) 00-162656 (P2000-162656A)

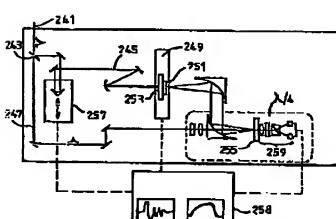
【図12】



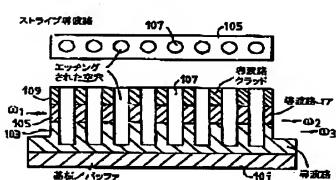
【図14】



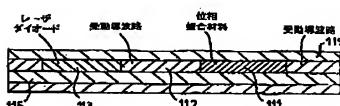
【図13】



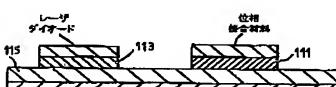
【図15】



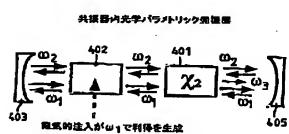
【図16】



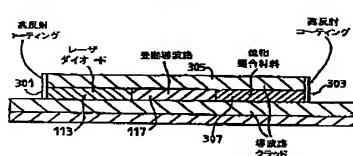
【図17】



【図19】

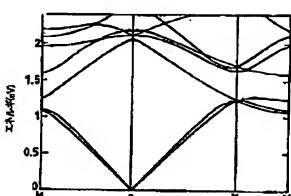


【図20】



(14) 100-162656 (P2000-162656A)

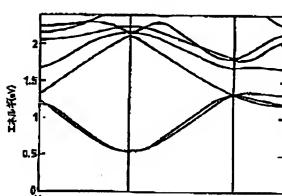
【図21】



バルク通孔
三角格子
体子定数 = 200nm
円筒穴
フィルフクタ = 0.27
六半径 = 54.8nm
外側屈折率 = 1.5
内側屈折率 = 1.0
 $-8 < n_1 < 8$
 $-8 < n_2 < 8$



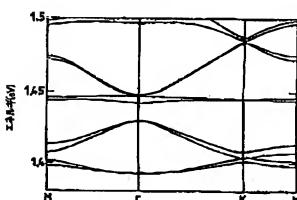
【図22】



導波通孔
導波格子 = 400nm
三角格子
体子定数 = 200nm
円筒穴
フィルフクタ = 0.27
六半径 = 54.8nm
外側屈折率 = 1.5
内側屈折率 = 1.0
 $-8 < n_1 < 8$
 $-8 < n_2 < 8$



【図23】



導波通孔
導波格子 = 120nm
三角格子
体子定数 = 1000nm
円筒穴
フィルフクタ = 0.27
六半径 = 272.8nm
外側屈折率 = 1.5
内側屈折率 = 1.0
 $-8 < n_1 < 8$
 $-8 < n_2 < 8$



(5) 00-162656 (P 2000-162656A)

フロントページの続き

(72)発明者	ドナルド・ミニク・アーノン イギリス国、シービー4 0ダブリュイ ー、ケンブリッジ、ミルトン・ロード、ケ ンブリッジ・サイエンス・パーク 260 ケンブリッジ・リサーチ・ラボラトリー トーシバ・リサーチ・ヨーロップ・リミテ ッド内	(72)発明者	リチャード・アンドリュー・ホグ イギリス国、シービー4 0ダブリュイ ー、ケンブリッジ、ミルトン・ロード、ケ ンブリッジ・サイエンス・パーク 260 ケンブリッジ・リサーチ・ラボラトリー トーシバ・リサーチ・ヨーロップ・リミテ ッド内	
(72)発明者	アンドリュー・ジュームズ・シールズ イギリス国、シービー4 0ダブリュイ ー、ケンブリッジ、ミルトン・ロード、ケ ンブリッジ・サイエンス・パーク 260 ケンブリッジ・リサーチ・ラボラトリー トーシバ・リサーチ・ヨーロップ・リミテ ッド内	(72)発明者	デイビッド・マーク・ウィットティカー イギリス国、シービー4 0ダブリュイ ー、ケンブリッジ、ミルトン・ロード、ケ ンブリッジ・サイエンス・パーク 260 ケンブリッジ・リサーチ・ラボラトリー トーシバ・リサーチ・ヨーロップ・リミテ ッド内	
(72)発明者	クライグ・マイケル・シーズラ イギリス国、シービー4 0ダブリュイ ー、ケンブリッジ、ミルトン・ロード、ケ ンブリッジ・サイエンス・パーク 260 ケンブリッジ・リサーチ・ラボラトリー トーシバ・リサーチ・ヨーロップ・リミテ ッド内	(72)発明者	アレクサンダー・ジルス・ディビーズ イギリス国、シービー3 0エイチ一 ケンブリッジ・メイディングレイ・ロー ド、ユニバーシティー・オブ・ケンブリッ ジ、ケバンディッシュ・ラボラトリー内 (72)発明者	エドモンド・ハロルド・リンフィールド イギリス国、シービー3 0エイチ一 ケンブリッジ・メイディングレイ・ロー ド、ユニバーシティー・オブ・ケンブリッ ジ、ケバンディッシュ・ラボラトリー内